

519,460

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ D'OPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
15 janvier 2004 (15.01.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/005897 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :

G01N 21/03, 15/02, 21/51

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : BRUNEL,  
Laurent [FR/FR]; Le Mas du Goult, F-26380 Peyrins (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2003/001959

(74) Mandataire : MORELLE, Guy; Cabinet Morelle & Bar-  
dou, Parc Technologique du Canal, B.P. 53, F-31527 Ra-  
monville Cedex (FR).

(22) Date de dépôt international : 25 juin 2003 (25.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

02/08235 2 juillet 2002 (02.07.2002) FR

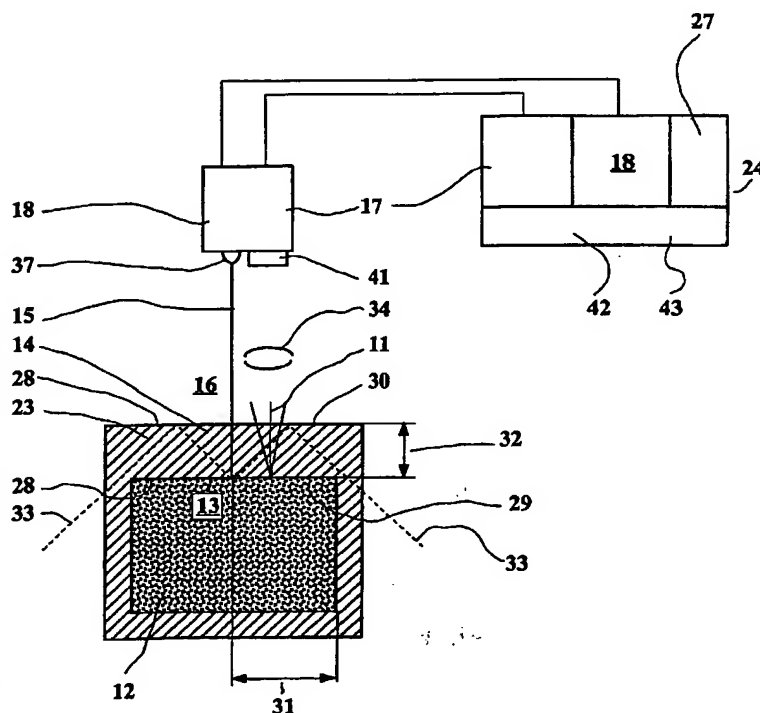
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,  
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : FOR-  
MULACTION [FR/FR]; 10, impasse Borde Basse,  
F-31240 L'Union (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING A LIGHT FLUX BACKSCATTERED BY A DISPERSED MEDIUM,  
UNPERTURBED BY INTERFACE REFLECTIONS

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF PERMETTANT DE MESURER UN FLUX LUMINEUX RETRODIFFUSE PAR UN  
MILIEU DISPERSE, NON PERTURBE PAR LES REFLEXIONS AUX INTERFACES



(57) Abstract: The invention concerns a method for measuring a light flux (11) backscattered by a dispersed medium (12) located on one first side (13) of a wall, by interaction with a plurality of light rays (15) emitted from the second (16) side of the wall opposite the first side where the dispersed medium is located and towards the latter, the plurality of light rays being adapted to pass through the wall and being backscattered at least partly by the dispersed medium towards reception means (17) arranged on the second side of the wall, said method comprising at least the following steps: emitting said plurality of light rays towards the dispersed medium and through the wall such that the dispersed medium is capable of emitting in turn, through said wall, a plurality of backscattered light rays to form a backscattering spot (19) wherein is defined at least a central zone (20) in the form of a disc whereof the center (21) corresponds to the luminous barycenter of the spot and whereof the radius (36) is equal to four times the maximum free travel path ( $1^*_{max}$ ) of the dispersed medium, the spot being adapted to be imaged on the reception means (17); forming said backscattering spot from the backscattered light rays which have passed through the wall

and free, at least in one direction (22) extending from the luminous barycenter of the spot, of light rays derived from the central zone and which have been subjected to total reflection on the surface (30) forming the interface of the wall with the second side; measuring a spatial sample of a profile of the light flux in the resulting spot, extending in the direction (22).

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/005897 A1



(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

- relative à l'identité de l'inventeur (règle 4.17.i) pour les désignations suivantes AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)
- relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii) pour les désignations suivantes AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA,

CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv) pour US seulement

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Procédé permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé (11) par un milieu dispersé (12) placé d'un premier (13) côté d'une paroi (14), par interaction avec une pluralité de rayons lumineux (15) émis du deuxième (16) côté de la paroi opposé au premier côté où est placé le milieu dispersé et en direction de ce dernier, la pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser la paroi et étant rétrodiffusée au moins partiellement par le milieu dispersé en direction de moyens de réception (17) placés du deuxième côté de la paroi, ledit procédé comportant au moins les étapes suivantes: émettre ladite pluralité de rayons lumineux en direction du milieu dispersé et à travers la paroi de sorte que le milieu dispersé soit apte à émettre à son tour, à travers cette paroi, une pluralité de rayons lumineux rétrodiffusés en vue de former une tache de rétrodiffusion (19) dans laquelle est définie au moins une zone centrale (20) en forme de disque dont le centre (21) correspond au barycentre lumineux de la tache et dont le rayon (36) est égal à quatre fois le libre parcours de transport maximum ( $1 \cdot \text{max}$ ) du milieu dispersé, la tache étant apte à être imagée sur les moyens de réception (17), former ladite tache de rétrodiffusion à partir des rayons lumineux rétrodiffusés ayant traversés la paroi et exempts, au moins selon une direction (22) s'étendant à partir du barycentre lumineux de la tache, de rayons lumineux issus de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface (30) formant l'interface de la paroi avec le deuxième côté, mesurer un échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux dans la tache ainsi obtenue, s'étendant dans la direction (22).

**Procédé et dispositif permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé, non perturbé par les réflexions aux interfaces**

La présente invention se rapporte à un procédé et un dispositif permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé placé d'un premier côté d'une paroi, par interaction avec une pluralité de rayons lumineux émis du deuxième côté de ladite paroi opposé au premier côté où est placé ledit milieu dispersé et en direction de ce dernier, ladite pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser ladite paroi et étant rétrodiffusée au moins partiellement par ledit milieu dispersé en direction de moyens de réception placés du deuxième côté de la paroi; en ce qui concerne le dispositif, ladite paroi étant apte à être traversée par lesdits rayons lumineux émis et rétrodiffusés, et à être en contact avec ledit milieu dispersé.

L'art antérieur enseigne de tels procédé et dispositif. Le rayonnement rétrodiffusé par le milieu dispersé sous la forme d'un flux lumineux traverse la paroi séparatrice entre le milieu dispersé et le récepteur du flux lumineux rétrodiffusé par ledit milieu dispersé, avant d'atteindre ledit récepteur; et de ce fait, le demandeur a constaté que ladite paroi réfléchit une partie des rayons lumineux rétrodiffusés par le milieu dispersé, et les renvoie dans celui-ci, ces rayons réfléchis pouvant alors être rétrodiffusés une nouvelle fois par le milieu en direction de la paroi et atteindre le récepteur du flux lumineux placé de l'autre côté de cette paroi, provoquant des perturbations du flux lumineux rétrodiffusé par le milieu dispersé par rapport au flux lumineux émis, et par voie de conséquence, des erreurs de mesure du flux lumineux rétrodiffusé par le milieu dispersé. En effet, le milieu dispersé analysé est en général d'un indice optique plus fort que celui de l'air et plus faible que celui du matériau constitutif de la paroi. En outre, les rayons lumineux réémis par le milieu peuvent présenter des angles de sortie très inclinés. Les modèles de calcul utilisant la mesure du flux lumineux rétrodiffusé ne prennent pas en compte ces rayons lumineux réémis par le milieu.

La figure 1 illustre le problème des rayons lumineux réfléchis par la paroi et réémis par le milieu. Le milieu 1 comporte par exemple des particules 2 sur lesquelles les rayons lumineux se diffusent; certains rayons rétrodiffusés 4 par le milieu traversent la paroi 3 pour former le flux lumineux rétrodiffusé qui doit être mesuré, alors que d'autres rayons lumineux 5 rétrodiffusés, au lieu de traverser la paroi 3, sont réfléchis par celle-ci, et renvoyés dans le milieu 1, qui peut les réémettre à un autre endroit de façon qu'ils s'ajoutent au flux lumineux rétrodiffusé, perturbant de ce fait notamment sa répartition. La référence 6 illustre la tache de rétrodiffusion constitutive du flux lumineux rétrodiffusé. La figure 2 montre une distribution 7 en trait fin, radiale suivant le rayon  $\rho$  du flux lumineux F dans la tache de rétrodiffusion, dans laquelle la perturbation 8 engendrée par les rayons lumineux réémis par le milieu est mise en évidence en trait fort. On constate que cette perturbation 8 n'est pas négligeable compte tenu de son importante amplitude.

La présente invention permet de pallier ces inconvénients. Plus précisément, elle se rapporte à un procédé permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu

dispersé placé d'un premier côté d'une paroi, par interaction avec une pluralité de rayons lumineux émis du deuxième côté de ladite paroi opposé au premier côté où est placé ledit milieu dispersé et en direction de ce dernier, ladite pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser ladite paroi et étant rétrodiffusée au moins partiellement par ledit milieu dispersé en direction de moyens de réception placés du deuxième côté de la paroi, caractérisé en ce que ledit procédé comporte au moins les étapes suivantes :

- 05 - émettre ladite pluralité de rayons lumineux en direction dudit milieu dispersé et à travers ladite paroi de sorte que ledit milieu dispersé soit apte à émettre à son tour, à travers ladite paroi, une pluralité de rayons lumineux rétrodiffusés en vue de former une tache de rétrodiffusion dans laquelle est définie au moins une zone centrale en forme de disque dont le centre correspond au barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion et dont le rayon est égal à quatre fois le libre parcours de transport maximum ( $l^*_{\max}$ ) dudit milieu dispersé, ladite tache de rétrodiffusion étant apte à être imagée au moins en partie sur lesdits moyens de réception,
- 10 - former ladite tache de rétrodiffusion à partir des rayons lumineux rétrodiffusés ayant traversés ladite paroi et exempts, au moins selon une direction s'étendant à partir du barycentre lumineux de ladite tache, de rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté,
- 15 - mesurer au moins un échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux dans ladite tache de rétrodiffusion ainsi obtenue, s'étendant dans ladite au moins une direction.

Le procédé selon l'invention permet, grâce à la suppression dans la tache de rétrodiffusion des rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale de fournir un flux lumineux non perturbé, et donc une mesure plus précise, plus fidèle pour le ou les modèles mathématiques qui pourront être utilisés pour caractériser le milieu dispersé.

- Selon une caractéristique, le procédé selon l'invention consiste à :
- 25 - former ladite tache de rétrodiffusion à partir des rayons lumineux rétrodiffusés ayant traversé ladite paroi et exempts, entre deux directions s'étendant à partir du barycentre lumineux de ladite tache, de rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté,
  - 30 - mesurer au moins un échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux dans ladite tache de rétrodiffusion ainsi obtenue, s'étendant au moins sur une surface définie entre les deux dites directions concourantes au dit barycentre lumineux.

Selon une autre caractéristique, le procédé selon l'invention consiste en outre à déterminer les valeurs du libre parcours de transport  $l^*$  et de la longueur d'absorption  $l_a$  en utilisant un modèle d'interaction photons-dispersion déterminé, à partir dudit échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux.

- 40 Par modèle d'interaction photons-dispersion, on entend toute loi permettant de modéliser l'interaction de la lumière avec le milieu dans lequel elle est envoyée.

Selon une autre caractéristique, le procédé selon l'invention consiste à éviter que des rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec le deuxième côté, ne retournent dans ledit milieu dispersé.

05        Cette caractéristique consiste à dévier les rayons lumineux issus de réflexions totales hors du milieu dispersé de sorte que ces rayons réfléchis ne perturbent plus la répartition du flux lumineux dans celui-ci, et ne modifient pas le flux de lumière dans la tache de rétrodiffusion.

10        Selon une autre caractéristique de la précédente, le procédé selon l'invention consiste à associer une première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté, à une deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté, lesdites première et deuxième surfaces étant parallèles.

15        Selon une autre caractéristique de la précédente, la demi-largeur exploitable de ladite paroi est inférieure ou égale à deux fois l'épaisseur de ladite paroi moins quatre fois le libre parcours de transport maximum  $l^*_{\max}$  dudit milieu dispersé.

      Selon une autre caractéristique, le procédé selon l'invention consiste à associer une première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté, à une deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté, lesdites première et deuxième surfaces étant non parallèles.

20        Selon une autre caractéristique, ladite première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté est courbe, et ladite deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté est plane.

      Selon une autre caractéristique, ladite première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté est cylindrique.

25        Selon une autre caractéristique, ladite première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté est plane, et ladite deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté est concave.

      Selon une autre caractéristique de la précédente, ladite deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté est conique ou tronconique.

30        Selon une autre caractéristique, le procédé selon l'invention consiste à éviter la réflexion totale d'un rayon lumineux issu de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec le deuxième côté, à travers laquelle passent les rayons lumineux rétrodiffusés destinés à former ladite tache de rétrodiffusion.

35        Cette caractéristique consiste à empêcher la formation de rayons lumineux issus de ladite zone centrale et apte à subir une réflexion totale, afin que ceux-ci ne perturbent pas la répartition de la lumière dans le milieu, et ne modifient pas le flux de lumière dans la tache de rétrodiffusion.

40        Selon une autre caractéristique, la formation d'un rayon lumineux issu de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec le deuxième côté est évitée par l'adoption d'une forme appropriée de ladite

surface interface, de telle sorte que les rayons lumineux rétrodiffusés frappant ladite surface interface possèdent un angle d'incidence inférieur à l'angle de réflexion totale.

05 Selon une autre caractéristique de la précédente, le procédé selon l'invention consiste à associer une première surface plane formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté, à une deuxième surface convexe formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté.

Selon une autre caractéristique de la précédente, ladite deuxième surface adopte une forme de calotte sphérique.

10 Selon une alternative à la caractéristique précédente, ladite deuxième surface adopte une forme tronconique.

L'invention se rapporte également à un dispositif permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé placé d'un premier côté d'une paroi, par interaction avec une pluralité de rayons lumineux émis du deuxième côté de ladite paroi opposé au premier côté où est placé ledit milieu dispersé et en direction de ce dernier, ladite pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser ladite paroi et étant rétrodiffusée au moins partiellement par ledit milieu dispersé en direction de moyens de réception placés du deuxième côté de la paroi, ladite paroi étant apte à être traversée par lesdits rayons lumineux émis et rétrodiffusés, et à être en contact avec ledit milieu dispersé, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend :

20 - des moyens d'émission, vers ladite paroi, d'un rayonnement lumineux apte à traverser la paroi et atteindre ledit milieu dispersé, de sorte que ce dernier puisse émettre à son tour, à travers ladite paroi, une pluralité de rayons lumineux rétrodiffusés en vue de former une tache de rétrodiffusion dans laquelle est définie au moins une zone centrale en forme de disque dont le centre correspond au barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion et dont le rayon est égal à quatre fois le libre parcours de transport maximum  $l^*_{\max}$  dudit milieu dispersé, ladite tache de rétrodiffusion étant apte à être imagée au moins en partie sur lesdits moyens de réception,

30 - des moyens de réception du rayonnement lumineux rétrodiffusé par ledit milieu dispersé à travers ladite paroi et destiné à former ladite tache de rétrodiffusion, lesdits moyens de réception couvrant au moins une direction s'étendant à partir du barycentre lumineux de ladite tache,

- des moyens de suppression à partir des rayons lumineux rétrodiffusés par ledit milieu dispersé, des rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté,

35 - des moyens de mesure d'un échantillonnage spatial du profil du flux lumineux reçu par une partie au moins desdits moyens de réception.

Selon une autre caractéristique, lesdits moyens de réception s'étendent au moins sur une surface définie entre deux dites directions concourantes au dit barycentre lumineux.

40 Selon une autre caractéristique, le dispositif selon l'invention comprend des moyens de calcul des valeurs du libre parcours de transport  $l^*$  et la longueur d'absorption

$l_a$  dudit milieu dispersé à partir d'une mesure dudit échantillonnage spatial du profil du flux lumineux.

05 Selon une autre caractéristique, lesdits moyens de suppression des rayons lumineux rétrodiffusés issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté, comprennent des moyens de détournement hors dudit milieu dispersé, desdits rayons lumineux ayant subi une réflexion totale, lesdits moyens de détournement comprenant l'association d'une première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté, et d'une deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté.

10 Selon une autre caractéristique de la précédente, lesdites première et deuxième surfaces sont planes et parallèles, la demi-largeur exploitable de ladite paroi en vue de former ladite tache de rétrodiffusion étant inférieure ou égale à deux fois l'épaisseur de ladite paroi moins quatre fois le libre parcours de transport maximum  $l^*_{max}$  dudit milieu dispersé.

15 Selon une alternative à la caractéristique précédente, ladite première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté est courbe, et ladite deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté est plane.

20 Selon une autre caractéristique de la précédente, ladite première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté est cylindrique.

20 Selon une autre caractéristique, ladite première surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté est plane, et ladite deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté est concave.

25 Selon une autre caractéristique de la précédente, ladite deuxième surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté adopte une forme conique ou tronconique, l'axe du cône ou de la partie tronconique étant perpendiculaire à la première surface plane.

30 Selon une autre caractéristique, lesdits moyens de suppression des rayons lumineux rétrodiffusés issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté, comprennent des moyens pour empêcher la formation d'un dit rayon lumineux ayant subi une réflexion totale, sur cette dite surface formant l'interface de ladite paroi avec le deuxième côté.

35 Selon une autre caractéristique de la précédente, lesdits moyens pour empêcher la formation d'un rayon lumineux issu de réflexion totale, sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec le deuxième côté comprennent une forme appropriée de ladite surface interface pour que les rayons lumineux rétrodiffusés frappant cette dite surface interface possèdent un angle d'incidence inférieur à l'angle de réflexion totale.

40 Selon une autre caractéristique de la précédente, lesdits moyens pour empêcher la formation d'un rayon lumineux issu de réflexion totale, sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec le deuxième côté comprennent une première surface plane formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier côté associée à une deuxième surface convexe formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté.

Selon une autre caractéristique de la précédente, ladite deuxième surface adopte une forme de calotte sphérique.

Selon une alternative à la caractéristique précédente, ladite deuxième surface adopte une forme tronconique.

05 L'invention sera mieux comprise, et d'autres caractéristiques apparaîtront à la lecture qui suit d'exemples de mode de réalisation de procédé et de dispositif selon l'invention, accompagnée des dessins annexés, exemples donnés à titre illustratif non limitatif.

10 La figure 1A illustre l'art antérieur et le problème posé par les rayons lumineux issus de réflexion sur la paroi séparatrice entre le milieu dispersé et les moyens de réception du flux lumineux.

La figure 1B illustre l'art antérieur, et plus particulièrement un profil de flux lumineux rétrodiffusé comprenant des rayons lumineux issus de réflexion sur ladite paroi séparatrice, obtenu selon la configuration de la figure 1A.

15 La figure 2 montre une vue de dessus schématique d'un premier exemple de mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé.

La figure 3 montre un premier détail de l'exemple de la figure 1.

La figure 4 montre un deuxième détail de l'exemple de la figure 1.

20 La figure 5 montre un troisième détail de l'exemple de la figure 1, en vue de face.

La figure 6 montre le détail selon la figure 5, en vue de dessus.

La figure 7 montre un deuxième exemple du deuxième détail de la figure 4.

La figure 8 montre un détail du deuxième exemple de la figure 7, en vue de face.

La figure 9 montre le détail du deuxième exemple de la figure 7, en vue de dessus.

25 La figure 10 montre une vue de dessus schématique partielle d'un deuxième exemple de mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé.

30 La figure 11 montre une vue de dessus schématique partielle d'un troisième exemple de mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé.

La figure 12 montre une vue de face schématique partielle du troisième exemple selon la figure 11.

35 La figure 13 montre une vue de dessus schématique partielle d'un quatrième exemple de mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé.

La figure 14 montre une vue de dessus schématique partielle d'un cinquième exemple de mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé par un milieu dispersé.

40 Le dispositif représenté sur les figures 2 à 6, permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé 11 par un milieu dispersé 12 placé d'un premier 13 coté d'une paroi 14, par interaction avec une pluralité de rayons lumineux 15 émis du deuxième 16



côté de cette paroi 14, opposé au premier côté où est placé le milieu dispersé et en direction de ce dernier, la pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser la paroi 14 et étant rétrodiffusée au moins partiellement par le milieu dispersé en direction de moyens de réception 17 placés du deuxième côté de la paroi, la paroi 14 étant apte à être traversée par les rayons lumineux émis et rétrodiffusés, et à être en contact avec le milieu dispersé, comprend :

- des moyens d'émission 18, vers la paroi 14, d'un rayonnement lumineux 15 apte à traverser celle-ci et atteindre le milieu dispersé, de sorte que ce dernier puisse émettre à son tour, à travers la paroi 14, une pluralité de rayons lumineux rétrodiffusés 11 en vue de former une tache de rétrodiffusion 19 dans laquelle, comme représenté sur la figure 3, est définie au moins une zone centrale 20 en forme de disque dont le centre 21 correspond au barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion et dont le rayon 36 est égal à quatre fois le libre parcours de transport maximum  $l^*_{\max}$  du milieu dispersé, la tache de rétrodiffusion 19 étant apte à être imagée au moins en partie sur les moyens de réception 17,
- des moyens de réception 17 du rayonnement lumineux rétrodiffusé par le milieu dispersé à travers la paroi 14 et destiné à former la tache de rétrodiffusion 19, les moyens de réception couvrant une direction 22 s'étendant à partir du barycentre lumineux de ladite tache, comme représenté sur la figure 4 en zone hachurée,
- des moyens de suppression 23 à partir des rayons lumineux rétrodiffusés par ledit milieu dispersé, des rayons lumineux 33 issus de la zone centrale 20 et ayant subi une réflexion totale sur la surface 30 formant l'interface de la paroi 14 avec le deuxième côté 16,
- des moyens de mesure 24 d'un échantillonnage spatial du profil du flux lumineux reçu par une partie au moins desdits moyens de réception.

Les moyens d'émission 18 d'un rayonnement lumineux comprennent avantageusement une source de lumière 37 monochromatique ou polychromatique, par exemple une diode laser, de divergence angulaire relativement faible ou nulle, de préférence. Le faisceau lumineux émis pourra être focalisé de manière à obtenir un point d'impact dans le milieu dispersé le plus petit possible, à la surface 29 interface entre la paroi 14 et le milieu dispersé. Le faisceau lumineux émis sera avantageusement sensiblement perpendiculaire aux première 29 et deuxième 30 surfaces constitutives des interfaces de la paroi 14 avec les premier 13 et deuxième 16 côtés, respectivement, ou sensiblement perpendiculaire à des surfaces tangentes aux surfaces interfaces, lorsque ces dernières sont courbes. Toutefois, un angle incident d'émission jusqu'à 25° environ peut convenir.

Le flux de lumière rétrodiffusée 11 forme une tache de rétrodiffusion 19 telle que décrite plus haut, apte à être imagée au moins en partie, grâce aux moyens de réception 17. La partie 39 imagée de la tache de rétrodiffusion 19 est donnée par un capteur de lumière 41, comprenant par exemple une pluralité de parties élémentaires 38 de capteur, par exemple un capteur matriciel, une caméra CCD, ou une caméra CMOS, dont l'agencement

et l'étendue de la surface qui capte la lumière représentent la partie de la tache de rétrodiffusion qui sera imagée, par exemple sur un moniteur ou dans un fichier de données (non représenté). Dans l'exemple représenté sur les figures 2 à 6, la partie imagée de la tache de rétrodiffusion 19 est donnée par une pluralité de parties élémentaires 05 38 de capteurs, ou pixels 38, alignées suivant une direction 22 telle que définie plus haut. La partie imagée de la tache de rétrodiffusion est donc constituée d'une bande linéaire de largeur égale à celle d'un pixel et de longueur appropriée, couvrant par exemple la totalité de la tache suivant cette direction 22 à partir du centre 21, comme représenté sur la figure 4 et comme cela sera expliqué plus en détail plus loin. Les moyens de réception 17 10 comprennent des moyens optiques 34 placés entre la paroi séparatrice et le capteur 41, en vue de transporter l'image de la tâche de rétrodiffusion sur le capteur 41.

Le dispositif selon l'invention sera prévu pour mesurer des flux lumineux rétrodiffusés de milieux dispersés déterminés, la tache de rétrodiffusion étant fonction du milieu dispersé dont on cherche avantageusement à mesurer des paramètres déterminés, et 15 représentative de celui-ci. On détermine, en vue de la construction du dispositif, la valeur maximale du libre parcours de transport  $l^*$  du milieu dispersé que l'on pourra mesurer le cas échéant, soit  $l^*_{\max}$ , afin de déterminer l'étendue maximale de la tache de rétrodiffusion qui pourra être imagée avec un grandissement adapté selon tout moyen connu, et donc l'étendue du capteur 41 qui sera préconisée, comme cela sera expliqué plus loin, avec la 20 description d'un modèle permettant de définir le lien entre le flux de lumière rétrodiffusée mesuré et le calcul des valeurs du libre parcours de transport  $l^*$  et de la longueur d'absorption  $l_a$  du milieu dispersé 12.

Les moyens de suppression 23 à partir des rayons lumineux rétrodiffusés par le milieu dispersé 12, des rayons lumineux 33 issus de la zone centrale 20 et ayant subi une 25 réflexion totale sur la surface 30 formant l'interface de la paroi 14 avec le deuxième côté 16, comprennent des moyens de détournement 28 hors du milieu dispersé 12, des rayons lumineux issus de réflexions totales, les moyens de détournement hors du milieu dispersé des rayons lumineux issus de réflexions totales comprenant l'association de la première 29 surface formant l'interface de la paroi 14 avec le premier 13 côté, et de la deuxième 30 surface formant l'interface de la paroi 14 avec le deuxième 16 côté. Sur l'exemple de la figure 2, les première 29 et deuxième 30 surfaces sont planes et parallèles, la demi-largeur 31 exploitable de la paroi 14 en vue de former la tache de rétrodiffusion 19 étant inférieure ou égale à deux fois l'épaisseur 32 de la paroi 14 moins quatre fois le libre parcours de transport maximum  $l^*_{\max}$  du milieu dispersé 12. On doit avoir :

35

$$r_{\max} = 2 \text{ ep} - 4 l^*_{\max}, \text{ avec}$$

$r_{\max}$  = rayon du champ de vision exploitable, identifié dans l'exemple à la demi- 40 largeur de la paroi 14, comme représenté sur la figure 2,  
 $\text{ep}$  = épaisseur 32 de la paroi 14, à l'endroit où le rayonnement lumineux émis

traverse cette paroi, comme représenté sur la figure 2,

$l^*_{\max}$  = libre parcours de transport maximum du milieu dispersé étudié dans le dispositif.

Sur la figure 2, on a représenté deux exemples de rayons lumineux 33 rétrodiffusés par le milieu 12 à partir du point de contact du rayonnement émis, puis réfléchis sur la surface 30 selon un angle de réflexion totale, et qui sont déviés hors du milieu dispersé 12.

Les moyens de mesure 24 d'un échantillonnage spatial du profil du flux lumineux reçu par une partie au moins des moyens de réception 17, comprennent un calculateur 42 apte à calculer le profil du flux lumineux reçu par une partie au moins du capteur 41, déterminée selon les besoins, ou la totalité du flux lumineux reçu par le capteur 41. Les moyens de mesure 24 comprennent en outre des moyens de pilotage 43 permettant de sélectionner la partie du capteur 41 pour laquelle on souhaite calculer le flux lumineux rétrodiffusé par le milieu dispersé 12, le cas échéant.

Les moyens de mesure 24 comprennent en outre avantageusement des moyens de calcul 27 des valeurs du libre parcours de transport  $l^*$  et la longueur d'absorption  $l_a$  du milieu dispersé 12 à partir d'une mesure de l'échantillonnage spatial du profil du flux lumineux. Afin de permettre le calcul des valeurs  $l^*$  et  $l_a$ , le dispositif utilisera avantageusement un modèle de calcul qui sera incorporé dans les moyens de calcul 27, comportant deux lois distinctes selon la zone du flux rétrodiffusé mesuré :

- à partir du barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion et jusqu'à une distance  $r$  s'étendant jusqu'à une valeur égale à  $4 l^*$  du barycentre lumineux, soit pour  $r$  appartenant à l'intervalle  $[0, 4l^*]$ , dite zone de photons courts, la loi applicable sera avantageusement la suivante :

$$F(r) = \frac{1}{\pi 4l^*} l^* {}^{-0,6} r {}^{-1,4} e^{(-1,3 \frac{r}{(l^* l_a)^{1/2}})},$$

loi dans laquelle le facteur  $e = 2,71828$ ,  $\pi = 3,14159$ ,  $F(r)$  = l'éclairement (énergie surfacique) à la distance  $r$  du centre de la tache. A partir d'une mesure du flux  $F(r)$ , les moyens de calcul 27 déterminent donc les valeurs de  $l^*$  et de  $l_a$  relatives au milieu dispersé.

- à partir de la distance  $r = 4 l^*$  et jusqu'à l'extrémité de la tache, soit pour  $r$  appartenant à l'intervalle  $[4l^*, \infty[$ , dite zone de photons longs, en pratique jusqu'à l'extrémité du capteur 41 la plus éloignée du barycentre lumineux de la tache, la loi applicable sera la suivante :

$$F(r) = \frac{l^*}{\pi r^3} e^{(-1,3 \frac{r}{(l^* l_a)^{1/2}})},$$

loi dans laquelle le facteur  $e = 2,71828$ ,  $\pi = 3,14159$ ,  $F(r)$  = l'éclairement (énergie surfacique) à la distance  $r$  du centre de la tache. A partir d'une mesure du flux  $F(r)$ , les moyens de calcul 27 déterminent donc les valeurs de  $l^*$  et de  $l_a$  relatives au milieu dispersé.

05 Il est à noter que le modèle ci-dessus suppose un éclairement infini au centre de la tache; ceci provient de l'injection supposée ponctuelle du rayonnement lumineux émis dans ce cas. Selon ce modèle, le rayonnement lumineux émis 15 sera donc le plus concentré possible au point d'impact dans le milieu dispersé 12, comme indiqué plus haut.

10 Les figures 7 à 9 montrent un autre exemple des moyens de réception 617, dans lequel les éléments similaires à ceux de l'exemple précédent portent les mêmes références additionnées du nombre 600. Le capteur 641 comprend une pluralité de parties élémentaires 638 de capteur, par exemple un capteur matriciel, une caméra CCD, ou une  
15 caméra CMOS, s'étendant sur une surface 625 définie entre deux directions 622, 635 concourantes au barycentre lumineux 621, comme représenté sur la figure 7. Comme représenté sur les figures 8 et 9, le capteur 641 adopte une forme sensiblement carré, afin d'assurer la réception d'un quart de la tache de rétrodiffusion. Il est à noter que, de manière alternative, le capteur peut adopter une forme de secteur circulaire (non représenté) afin de "coller" au plus près du périmètre extérieur de la tache 619.

20 La figure 10 illustre un deuxième exemple de paroi 114 séparatrice entre le milieu dispersé 112 et le récepteur du flux lumineux. Sur la figure 10, les éléments similaires à ceux de l'exemple illustré sur les figures 2 à 6 portent les mêmes références additionnées du nombre 100. Sur l'exemple de la figure 10, les moyens de suppression 123 des rayons lumineux rétrodiffusés issus de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la  
25 surface 130 formant l'interface de la paroi 114 avec le deuxième côté 116, comprennent des moyens de détournement 128 hors du milieu dispersé 112, des rayons lumineux issus de réflexions totales, les moyens de détournement hors du milieu dispersé, des rayons lumineux issus de réflexions totales comprenant l'association d'une première 129 surface formant l'interface de la paroi 114 avec le premier 113 côté, et d'une deuxième 130 surface formant l'interface de la paroi 114 avec le deuxième 116 côté, la première surface 129 formant l'interface de la paroi 114 avec le premier 113 côté étant courbe, et la deuxième 130 surface formant l'interface de la paroi avec le deuxième 116 côté étant plane.

35 Suivant le dispositif de la figure 10, la première surface 129 formant l'interface de la paroi 114 avec le premier 113 côté est avantageusement cylindrique, et possède un rayon 140 déterminé par exemple avec le calcul suivant : on se donne :

$\alpha_t$  = angle de Brewster ou incidence limite avant réflexion totale, =  $\arcsin(1/n_p)$ ,

$n_p$  = indice optique du matériau constituant la paroi 114,

40  $ep$  = épaisseur 132 de la paroi 114, suivant l'axe 115 correspondant à un diamètre de la surface cylindrique à section circulaire 129, à l'endroit où le rayonnement lumineux émis traverse cette paroi,

on note :

$e'$  = distance 76 comprise entre la surface 130 formant l'interface de la paroi 114 avec le deuxième côté 116 et un point intersection entre l'axe 115 et le rayon émergent rasant 77,

05  $d$  = distance 75 comprise entre l'axe 115 et le point d'impact du rayon émergent rasant 77.

On cherche à déterminer  $r_i$  = rayon du cylindre à section circulaire constituant la première surface 129 : on a les équations suivantes, sachant que le rayon 133 réfléchi est tangent à la surface 129 :

10

$$\sin(\alpha_{\pi}) = r_i / (r_i + ep + e'),$$

$$d = ep \tan(\alpha_{\pi}) - 4 l^*,$$

15

$$e' = d / \tan(\alpha_{\pi});$$

on peut alors calculer  $r_i = (2 ep - 4 l^*_{\max} / \tan(\alpha_{\pi})) / (n_p - 1)$ .

20 Un exemple de rayon lumineux ayant subi une réflexion totale sur la surface 130 et qui est dévié hors du milieu dispersé 112 est représenté avec la référence 133 sur la figure 10. Il est à noter que le rayon rétrodiffusé 133 représenté sur la figure 10 est déporté d'une distance 174 égale à  $4 l^*_{\max}$ , c'est à dire qu'il est compris dans les rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface 130 interface. Il est à noter que dans le cas particulier où l'on ne tient pas compte de la largeur  
25 de la tâche, c'est à dire si l'on considère  $l^*_{\max} = 0$ , on obtient :

$$r_i = 2 ep / (n_p - 1).$$

30 Une application numérique de l'exemple qui précède donne : pour une paroi 114 en verre,  $n_p = 1,5$ ,  $l^*_{\max} = 0,5$  mm,  $ep = 5$  mm, on obtient  $r_i = 15,5$  mm.

Les figures 11 et 12 illustrent un troisième exemple de paroi 214 séparatrice entre le milieu dispersé 212 et le récepteur du flux lumineux. Sur les figures 11 et 12, les éléments similaires à ceux de l'exemple illustré sur les figures 2 à 6 portent les mêmes  
35 références additionnées du nombre 200. Sur l'exemple des figures 11 et 12, les moyens de suppression 223 des rayons lumineux rétrodiffusés issus de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface 230 formant l'interface de la paroi 214 avec le deuxième côté 216, comprennent des moyens de détournement 228 hors du milieu dispersé 212, des rayons lumineux issus de réflexions totales, les moyens de  
40 détournement hors du milieu dispersé, des rayons lumineux issus de réflexions totales comprenant l'association d'une première 229 surface formant l'interface de la paroi 214 avec le premier 213 côté, et d'une deuxième 230 surface formant l'interface de la paroi

214 avec le deuxième 216 côté, la première 229 surface formant l'interface de la paroi 214 avec le premier 213 côté étant plane, et la deuxième 230 surface formant l'interface de la paroi avec le deuxième 216 côté étant concave.

05 Suivant le dispositif des figures 11 et 12, la deuxième 230 surface formant l'interface de la paroi 214 avec le deuxième 216 côté adopte une forme conique (non représenté) ou tronconique comme représenté sur la figure 11, l'axe 250 du cône (non représenté) ou de la partie tronconique étant perpendiculaire à la première 229 surface plane. La partie tronconique sera déterminée de sorte que les rayons réfléchis par le milieu ayant une incidence trop grande et qui donc devraient être réfléchis totalement rencontrent la partie conique et seront ainsi rejetés vers les bords, hors du milieu 212, comme représenté sur la figure 11. Les rayons ayant une incidence encore plus forte rencontrent une surface plane 249 voisine de, et entourant la partie tronconique, qui suffira à les rejeter à l'extérieur du milieu dispersé 212.

15 L'angle  $\alpha_c$  de la partie tronconique, comme représenté sur la figure 11, sera sensiblement égal à:

$$\pi / 2 - (\pi / 2 - \alpha_{rt}) / 2 + \text{atan} (ep / r_{\max}), \quad \text{avec :}$$

20  $\alpha_{rt}$  = angle de Brewster ou incidence limite avant réflexion totale, = arcsin (1/n)

ep = épaisseur 232 de la paroi 214 à l'endroit où le rayonnement lumineux émis traverse cette paroi, c'est à dire entre les surfaces 251 et 229, comme représenté sur la figure 2,

$r_{\max}$  = rayon du champ de vision exploitable déterminé selon les besoins.

25 La zone plane circulaire 251 constituant le sommet de la partie tronconique possédera un rayon  $r_s$  déterminée par la formule suivante :

$$r_s = (ep \tan (\alpha_{rt}) ) - 4 l^*_{\max},$$

30 et la grande base de la partie tronconique possédera un rayon minimum  $r_b$  au moins égal à  $r_{\max} / 2$ . L'épaisseur approximative de la paroi 214 entre les surfaces planes 229 et 249 est donnée selon la formule suivante :

$$35 \quad ep + r_{\max} / 2 (\pi / 2 - \alpha_{rt}) / 2$$

Une application numérique consiste à prendre un matériau d'indice optique  $n_p = 1,5$  pour la paroi séparatrice, un rayon du champ de vision exploitable  $r_{\max} = 20$  mm, et un libre parcours de transport maximum  $l^*_{\max} = 0,5$  mm, cela donne pour chacun des exemples ci-dessus, figures 2, 10, et 11 :

40 - paroi 14 plan-plan (fig. 2) : ep = 11 mm,

- paroi 114 plan-cylindre :  $r_1 = 40$  mm,  $ep = 20$  mm,
- paroi 214 cône-plan :  $\alpha_{rt} = 41,8$  degrés,  $r_s = 1$  mm,  $\alpha_c = 20$  degrés environ,  $ep = 3,5$  mm, épaisseur de la paroi 214 entre les surfaces planes 229 et 249 =  $3,5 + 3,5 = 7$  mm.

05 Dans le quatrième exemple décrit avec l'aide de la figure 13, les éléments  
similaires à ceux de l'exemple illustré sur les figures 2 à 6 portent les mêmes références  
additionnées du nombre 400. Les moyens de suppression 423 des rayons lumineux  
rétrodiffusés issus de réflexion totale sur la surface formant l'interface de la paroi 414  
avec le deuxième 416 côté, comprennent des moyens 460 pour empêcher la formation  
10 d'un rayon lumineux issu de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur cette  
surface 430 formant l'interface de la paroi 414 avec le deuxième 416 côté. Ainsi,  
contrairement aux exemples précédents, les rayons réfléchis visés ne sont plus déviés hors  
du milieu dispersé concerné, mais leur génération est empêchée. En effet, les moyens 460  
pour empêcher la formation d'un rayon lumineux issu de la zone centrale et apte à subir  
15 une réflexion totale sur la surface 430 formant l'interface de la paroi 414 avec le deuxième  
416 côté comprennent une forme appropriée de la surface interface 430 pour que les  
rayons lumineux rétrodiffusés frappant cette surface interface 430 possèdent un angle  
d'incidence inférieur à l'angle de réflexion totale.

Selon l'exemple de la figure 13, les moyens 460 pour empêcher la formation d'un  
rayon lumineux issu de réflexion totale, sur la surface 430 formant l'interface de la paroi  
20 414 avec le deuxième 416 côté comprennent une première 429 surface plane formant  
l'interface de la paroi 414 avec le premier 413 côté associée à une deuxième 430 surface  
convexe, dans l'exemple selon la figure 13 une deuxième surface adoptant la forme d'une  
calotte sphérique, formant l'interface de la paroi 414 avec le deuxième côté 416.

25 Pour former la calotte sphérique, on peut utiliser une lame à faces planes et  
parallèles sur laquelle on colle une lentille plan-convexe. Il s'agit donc d'un assemblage  
de composants optiques standards. De plus, l'effet de cette forme sur l'imagerie de la  
caméra est facilement prévisible. Le calcul approché selon les lois de la trigonométrie  
fournit les équations suivantes :

$$30 \quad \sin(\alpha_2) = y / R \quad (\text{équation 1})$$

$$\tan(\alpha_1) = y / (ep - R(1 - \cos(\alpha_2))) \quad (\text{équation 2})$$

35 la condition pour qu'un rayon rétrodiffusé 461 extrême, qui sort par exemple à la  
distance référencée  $y$  du centre sur la figure 13, subisse une réfraction et non une  
réflexion, est que :

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \alpha_{rt} \quad (\text{équation 3})$$

40 une relation a ainsi été définie entre les paramètres  $ep$  432,  $R$  et  $y$ . Étant donné que  
l'indice optique  $n_s$  du milieu 413 dispersé est inférieur à l'indice optique  $n_p$  du matériau

de la paroi 414, l'incidence des rayons émergents sera limitée à  $\alpha_{1\max}$  tel que :

$$n_p \sin (\alpha_{1\max}) = n_s, \text{ avec}$$

05

$n_p$  = indice optique du matériau de la paroi 414,

$n_s$  = indice optique du milieu dispersé 413,

10

on déduit alors  $\alpha_2$  grâce à l'équation 3. Pour exploiter ces équations, on commence par se proposer une valeur de R. On déduit ensuite la valeur y grâce à l'équation 1, et enfin la valeur ep de la paroi suivant l'axe 415, grâce à l'équation 2. On détermine l'épaisseur de la lentille à coller et la base ou épaisseur de la lame à faces planes et parallèles à partir des valeurs issues du calcul précédent et affinées par des tracés de rayons. Une application numérique de l'exemple selon la figure 13 est donnée ci-dessous.

15

Pour une paroi en verre et de l'eau comme milieu dispersé, on a  $\alpha_{1\max} = 62,45$  degrés; on peut choisir par exemple R = 30 mm; ainsi y = 10,58 mm. L'épaisseur ep de la paroi au centre suivant l'axe 415 est de 6,52 mm. L'épaisseur au centre suivant l'axe 415 de la lentille à coller est de 1,93 mm, et la lame à faces planes a une épaisseur de 4,59 mm.

20

Dans le cinquième exemple décrit avec l'aide de la figure 14, les éléments similaires à ceux de l'exemple illustré sur les figures 2 à 6 portent les mêmes références additionnées du nombre 500. L'exemple selon la figure 14 est analogue à l'exemple selon la figure 13, à l'exception de la deuxième 530 surface adoptant une forme tronconique, qui se calcule toutefois suivant des considérations similaires à celles de l'exemple selon la figure 13. Dans l'exemple décrit avec l'aide de la figure 14, les moyens de suppression 523 des rayons lumineux rétrodiffusés issus de réflexion totale sur la surface formant l'interface de la paroi 514 avec le deuxième 516 côté, comprennent des moyens 560 pour empêcher la formation d'un rayon lumineux issu de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur cette surface 530 formant l'interface de la paroi 514 avec le deuxième 516 côté. Les moyens 560 pour empêcher la formation d'un rayon lumineux issu de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface 530 formant l'interface de la paroi 514 avec le deuxième 516 côté comprennent une forme appropriée de la surface interface 530 pour que des rayons lumineux rétrodiffusés issus de ladite zone centrale, par exemple les rayons lumineux extrêmes 572, 573, frappant cette surface interface 530 possèdent un angle d'incidence  $\alpha_i$  inférieur à l'angle de réflexion totale. La deuxième 530 surface adopte une forme tronconique.

35

Les paramètres de la surface interface 530 tronconique sont par exemple déterminés de la manière suivante. On pose :

$\alpha_t$  = angle de Brewster ou incidence limite avant réflexion totale,

a = angle qui définit la partie tronconique, comme représenté sur la figure 14,

40

$r_1$  = rayon du sommet (petite base 551) de la partie tronconique,

$r_2$  = rayon de la base (grande base) de la partie tronconique,



$ep$  = épaisseur 532 de la paroi 514 selon l'axe 515,

$e_{ext}$  = épaisseur 571 de la paroi 514 entre les surfaces interfaces 529 et 549,

05  $r_{max}$  = rayon du champ de vision exploitable, identifié dans l'exemple à la demi-largeur de la paroi 514, comme représenté sur la figure 14 ;  
le rayon lumineux rétrodiffusé limite 573 sortant encore par la partie tronconique doit avoir une incidence  $\alpha_i$  égale à l'angle de Brewster  $\alpha_{rt}$  : cela donne :

$$\text{Tan}(a + \alpha_{rt}) = (4 l^*_{max} + r_2) / e_{ext} \quad (\text{équation 4}),$$

10 le rayon lumineux rétrodiffusé limite 573 est représenté décalé de l'axe 515 d'une distance 574 correspondant à  $4 l^*_{max}$ . Rappelons que :  $l^*_{max}$  = libre parcours de transport maximum du milieu dispersé étudié dans le dispositif. Un rayon lumineux rétrodiffusé limite 572 sortant encore par la petite base 551 de la partie tronconique doit avoir une  
15 incidence  $\alpha_i$  égale à l'angle de Brewster  $\alpha_{rt}$  : cela donne :

$$\text{Tan}(\alpha_{rt}) = (4 l^*_{max} + r_1) / ep \quad (\text{équation 5}),$$

20 la partie tronconique qui relie la petite base 551 de rayon  $r_1$  à la grande base de rayon  $r_2$  et donné par l'angle  $a$  est fournie par la formule suivante :

$$\text{Tan}(a) = (ep - e_{ext}) / (r_2 - r_1) \quad (\text{équation 6}),$$

25 le rayon lumineux rétrodiffusé réfléchi par la surface plane 549 voisine de, et entourant la partie tronconique, subit une réflexion totale mais sortira par la tranche de la cuve sans retourner dans le milieu 512 : cela donne :

$$4 l^*_{max} + r_2 = r_{max} / 2 \quad (\text{équation 7}).$$

30 Pour calculer une cuve destinée à recevoir le milieu diffusif 513 on détermine  $r_2$  à partir de l'équation 7, on calcule  $a$  à partir de l'équation 4, puis on calcule  $ep$  à partir des équations 5 et 6 : cela donne :

$$35 \quad ep = (e_{ext} + \text{Tan}(a) (4 l^*_{max} + r_2)) / (1 / \text{Tan}(a) \text{Tan}(\alpha_{rt})) \quad (\text{équation 8}),$$

on calcule ensuite  $r_1$  à partir de l'équation 5. Un exemple d'application numérique est le suivant : on se donne  $e_{ext} = 5$  mm,  $r_{max} = 20$  mm ; ainsi de l'équation 7 on obtient  $r_2 = 10$  mm, puis de l'équation 4 on obtient  $a = 21,6^\circ$ , puis de l'équation 8 on obtient  $ep = 6,61$  mm, et enfin de l'équation 5 on obtient  $r_1 = 3,91$  mm.

Il est à noter que les parois séparatrices 14, 14, 214, 414, 514 peuvent chacune être

incluse dans une cuve destinée à contenir le milieu dispersé dont on cherche à mesurer le flux rétrodiffusé, ou constituer la paroi d'une sonde, séparatrice entre le récepteur du flux de lumière rétrodiffusée et le milieu dispersé, la paroi de la sonde étant alors portée au contact du milieu dispersé.

05 Il est également à noter que d'autres modèles que celui qui a été décrit ici peuvent être utilisés pour exploiter les dispositifs selon l'invention, notamment ceux décrits ci-dessus.

Plusieurs exemples de procédé selon l'invention vont maintenant être décrits. A l'appui des figures 2 à 6, 10, 11, 12, le procédé permet de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé 11, 111, 211, par un milieu dispersé 12, 112, 212, par exemple une émulsion, une suspension, un milieu polyphasique, ou analogue, placé d'un premier 13, 113, 213, coté d'une paroi 14, 114, 214, par interaction avec une pluralité de rayons lumineux 15, 115, 215, émis du deuxième 16, 116, 216, côté de la paroi 14, 114, 214, opposé au premier côté où est placé le milieu dispersé, et en direction de ce dernier, la pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser la paroi et étant rétrodiffusée au moins partiellement par le milieu dispersé en direction de moyens de réception 17 placés du deuxième côté de la paroi, le procédé comportant au moins les étapes suivantes :

- émettre la pluralité de rayons lumineux 15 115, 215, en direction du milieu dispersé et à travers la paroi 14, 114, 214, de sorte que le milieu dispersé soit apte à émettre à son tour, à travers la paroi, une pluralité de rayons lumineux rétrodiffusés 11, 111, 211 en vue de former une tache de rétrodiffusion 19 dans laquelle est définie au moins une zone centrale 20 en forme de disque dont le centre 21 correspond au barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion 20 et dont le rayon 36 est égal à quatre fois le libre parcours de transport maximum  $l^*_{\max}$  du milieu dispersé, la tache de rétrodiffusion 19 étant apte à être imagée au moins en partie sur les moyens de réception 17,

- former la tache de rétrodiffusion 19 à partir des rayons lumineux rétrodiffusés ayant traversés la paroi et exempts, selon une direction 22 s'étendant à partir du barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion, de rayons lumineux issus de la zone centrale 20 et ayant subi une réflexion totale sur la surface 30, 130, 230, formant l'interface de la paroi 14, 114, 214, avec le deuxième 16, 116, 216 côté, en évitant que des rayons lumineux issus de cette zone centrale 20 et ayant subi une réflexion totale sur la surface 30, 130, 230 ne retournent dans le milieu dispersé,

- mesurer un échantillonnage spatial du profil du flux lumineux dans la tache de rétrodiffusion 19 ainsi obtenue, s'étendant dans la direction 22,

- déterminer les valeurs du libre parcours de transport  $l^*$  et de la longueur d'absorption  $l_a$  en utilisant un modèle d'interaction photons-dispersion déterminé, à partir de l'échantillonnage spatial du profil du flux lumineux, par exemple le modèle décrit plus haut.

40 Selon un autre exemple de procédé selon l'invention, décrit à l'appui des figures 7 à 9, il consiste à reprendre les étapes décrites ci-dessus à l'exception des étapes consistant à former la tache de rétrodiffusion et mesurer un échantillonnage spatial du profil du flux

lumineux, remplacées par les suivantes :

- former ladite tache de rétrodiffusion 619 à partir des rayons lumineux rétrodiffusés ayant traversés la paroi 14, 114, 214, et exempts, entre deux directions 622, 635 s'étendant à partir du barycentre lumineux de la tache, de rayons lumineux issus de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface 30, 130, 230, formant l'interface de la paroi avec le deuxième côté 16, 116, 216, en évitant que des rayons lumineux issus de cette zone centrale 20 et ayant subi une réflexion totale sur la surface 30, 130, 230, ne retournent dans le milieu dispersé,
- mesurer au moins un échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux dans ladite tache de rétrodiffusion 619 ainsi obtenue, s'étendant au moins sur une surface 625 définie entre les deux directions 622, 635 concourantes au barycentre lumineux.

De manière alternative, un autre exemple de procédé selon l'invention est décrit ci-dessous à l'aide de la figure 13 ou 14. Il consiste à éviter la réflexion totale d'un rayon lumineux issu de la zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi 414, 514 avec le deuxième 416, 516 côté, à travers laquelle passent les rayons lumineux rétrodiffusés destinés à former la tache de rétrodiffusion, par l'adoption d'une forme appropriée de la surface interface 430, 530, de telle sorte que les rayons lumineux rétrodiffusés frappant cette surface interface possèdent un angle d'incidence inférieur à l'angle de réflexion totale. Le procédé consiste avantageusement à associer une première 429, 529 surface plane formant l'interface de la paroi 414, 514 avec le premier 413, 513 côté, à une deuxième 430, 530 surface convexe formant l'interface de la paroi avec le deuxième 416, 516 côté.

25

30

35

40

## REVENDICATIONS

1. Procédé permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé (11) par un milieu dispersé (12) placé d'un premier (13) côté d'une paroi (14), par interaction avec une pluralité de rayons lumineux (15) émis du deuxième (16) côté de ladite paroi opposé au premier côté où est placé ledit milieu dispersé et en direction de ce dernier, ladite pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser ladite paroi et étant rétrodiffusée au moins partiellement par ledit milieu dispersé en direction de moyens de réception (17) placés du deuxième côté de la paroi, *caractérisé en ce que* ledit procédé comporte au moins les étapes suivantes :

- émettre ladite pluralité de rayons lumineux (15) en direction dudit milieu dispersé et à travers ladite paroi (14) de sorte que ledit milieu dispersé soit apte à émettre à son tour, à travers ladite paroi, une pluralité de rayons lumineux rétrodiffusés (11) en vue de former une tache de rétrodiffusion (19) dans laquelle est définie au moins une zone centrale (20) en forme de disque dont le centre (21) correspond au barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion (19) et dont le rayon (36) est égal à quatre fois le libre parcours de transport maximum ( $l^*_{\max}$ ) dudit milieu dispersé, ladite tache de rétrodiffusion (19) étant apte à être imagée au moins en partie sur lesdits moyens de réception (17),
- former ladite tache de rétrodiffusion (19) à partir des rayons lumineux rétrodiffusés ayant traversés ladite paroi et exempts, au moins selon une direction (22) s'étendant à partir du barycentre lumineux de ladite tache de rétrodiffusion, de rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface (30) formant l'interface de ladite paroi (14) avec ledit deuxième (16) côté,
- mesurer au moins un échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux dans ladite tache de rétrodiffusion (19) ainsi obtenue, s'étendant dans ladite au moins une direction (22).

2. Procédé selon la revendication 1, *caractérisé en ce qu'il* consiste à :
- former ladite tache de rétrodiffusion (619) à partir des rayons lumineux rétrodiffusés ayant traversés ladite paroi et exempts, entre deux directions (622, 635) s'étendant à partir du barycentre lumineux de ladite tache, de rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté,
  - mesurer au moins un échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux dans ladite tache de rétrodiffusion (619) ainsi obtenue, s'étendant au moins sur une surface (625) définie entre les deux dites directions (622, 635) concourantes au dit barycentre lumineux.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, *caractérisé en ce qu'il* consiste en outre à déterminer les valeurs du libre parcours de transport ( $l^*$ ) et de la longueur d'absorption ( $l_a$ ) en utilisant un modèle d'interaction photons-dispersion déterminé, à partir dudit échantillonnage spatial d'un profil du flux lumineux.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, *caractérisé en ce qu'il* consiste à éviter que des rayons lumineux issus de ladite zone centrale et ayant subi

une réflexion totale sur la surface (30, 130, 230) formant l'interface de ladite paroi (14, 114, 214) avec le deuxième (16, 116, 216) côté, ne retournent dans ledit milieu dispersé (12, 112, 212).

05 5. Procédé selon la revendication 4, *caractérisé en ce qu'il* consiste à associer une première (29) surface formant l'interface de ladite paroi (14) avec ledit premier (13) côté, à une deuxième (30) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (16) côté, lesdites première et deuxième surfaces étant parallèles.

10 6. Procédé selon la revendication 5, *caractérisé en ce que* la demi-largeur (31) exploitable de ladite paroi (14) est inférieure ou égale à deux fois l'épaisseur de ladite paroi moins quatre fois le libre parcours de transport maximum ( $l^*_{\max}$ ) dudit milieu dispersé (12).

15 7. Procédé selon la revendication 4, *caractérisé en ce qu'il* consiste à associer une première (129, 229) surface formant l'interface de ladite paroi (114, 214) avec ledit premier (113, 213) côté, à une deuxième (130, 230) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (116, 216) côté, lesdites première et deuxième surfaces étant non parallèles.

20 8. Procédé selon la revendication 7, *caractérisé en ce que* ladite première (129) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier (113) côté est courbe, et ladite deuxième (130) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (116) côté est plane.

9. Procédé selon la revendication 8, *caractérisé en ce que* ladite première (129) surface formant l'interface de ladite paroi (114) avec ledit premier (113) côté est cylindrique.

25 10. Procédé selon la revendication 7, *caractérisé en ce que* ladite première (229) surface formant l'interface de ladite paroi (214) avec ledit premier (213) côté est plane, et ladite deuxième (230) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (216) côté est concave.

30 11. Procédé selon la revendication 10, *caractérisé en ce que* ladite deuxième (230) surface formant l'interface de ladite paroi (214) avec ledit deuxième (216) côté est conique ou tronconique.

35 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, *caractérisé en ce qu'il* consiste à éviter la réflexion totale d'un rayon lumineux issu de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de ladite paroi (414) avec le deuxième (416) côté, à travers laquelle passent les rayons lumineux rétrodiffusés destinés à former ladite tache de rétrodiffusion.

40 13. Procédé selon la revendication 12, *caractérisé en ce que* la formation d'un rayon lumineux issu de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface (430, 530) formant l'interface de ladite paroi (414, 514) avec le deuxième (416, 516) côté est évitée par l'adoption d'une forme appropriée de ladite surface interface, de telle sorte que les rayons lumineux rétrodiffusés frappant ladite surface interface possèdent un angle d'incidence ( $\alpha_i$ ) inférieur à l'angle de réflexion totale.

14. Procédé selon la revendication 13, *caractérisé en ce qu'il* consiste à associer une première (429, 529) surface plane formant l'interface de ladite paroi (414, 514) avec ledit premier (413, 513) côté, à une deuxième (430, 530) surface convexe formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (416, 516) côté.

05 15. Procédé selon la revendication 14, *caractérisé en ce que* ladite deuxième (430) surface adopte une forme de calotte sphérique.

16. Procédé selon la revendication 14, *caractérisé en ce que* ladite deuxième (530) surface adopte une forme tronconique.

10 17. Dispositif (10) permettant de mesurer un flux lumineux rétrodiffusé (11) par un milieu dispersé (12) placé d'un premier (13) côté d'une paroi (14), par interaction avec une pluralité de rayons lumineux (15) émis du deuxième (16) côté de ladite paroi opposé au premier côté où est placé ledit milieu dispersé et en direction de ce dernier, ladite pluralité de rayons lumineux étant apte à traverser ladite paroi et étant rétrodiffusée au moins partiellement par ledit milieu dispersé en direction de moyens de réception (17) placés du deuxième côté de la paroi, ladite paroi étant apte à être traversée par lesdits rayons lumineux émis et rétrodiffusés, et à être en contact avec ledit milieu dispersé, ledit dispositif étant *caractérisé en ce qu'il* comprend :

15 - des moyens d'émission (18), vers ladite paroi, d'un rayonnement lumineux (15) apte à traverser la paroi (14) et atteindre ledit milieu dispersé, de sorte que ce dernier puisse  
20 émettre à son tour, à travers ladite paroi, une pluralité de rayons lumineux rétrodiffusés (11) en vue de former une tache de rétrodiffusion (19) dans laquelle est définie au moins une zone centrale (20) en forme de disque dont le centre (21) correspond au barycentre lumineux de la tache de rétrodiffusion et dont le rayon (36) est égal à quatre fois le libre parcours de transport maximum ( $l^*_{\max}$ ) dudit milieu dispersé, ladite tache de  
25 rétrodiffusion (19) étant apte à être imagée au moins en partie sur lesdits moyens de réception (17),

- des moyens de réception (17) du rayonnement lumineux rétrodiffusé par ledit milieu dispersé à travers ladite paroi et destiné à former ladite tache de rétrodiffusion, lesdits moyens de réception couvrant au moins une direction (22) s'étendant à partir du  
30 barycentre lumineux de ladite tache,

- des moyens de suppression (23) à partir des rayons lumineux rétrodiffusés par ledit milieu dispersé, des rayons lumineux (33) issus de ladite zone centrale (20) et ayant subi une réflexion totale sur la surface (30) formant l'interface de ladite paroi (14) avec ledit deuxième côté (16),

35 - des moyens de mesure (24) d'un échantillonnage spatial du profil du flux lumineux reçu par une partie au moins desdits moyens de réception.

18. Dispositif suivant la revendication 17, *caractérisé en ce que* lesdits moyens de réception (617) s'étendent au moins sur une surface (625) définie entre deux dites directions (622, 635) concourantes au dit barycentre lumineux.

40 19. Dispositif suivant la revendication 17 ou 18, *caractérisé en ce qu'il* comprend des moyens de calcul (27) des valeurs du libre parcours de transport ( $l^*$ ) et la longueur

d'absorption ( $I_a$ ) dudit milieu dispersé (12) à partir d'une mesure dudit échantillonnage spatial du profil du flux lumineux.

05 20. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 17 à 19, *caractérisé en ce que* lesdits moyens de suppression (23) des rayons lumineux rétrodiffusés issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface formant l'interface de  
10 ladite paroi avec ledit deuxième côté, comprennent des moyens de détournement (28) hors dudit milieu dispersé (12, 112, 212), desdits rayons lumineux ayant subi une réflexion totale, lesdits moyens de détournement comprenant l'association d'une première (29, 129, 229) surface formant l'interface de ladite paroi (14, 114, 214) avec ledit premier (13, 113, 213) côté, et d'une deuxième (30, 130, 230) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (16, 116, 216) côté.

15 21. Dispositif suivant la revendication 20, *caractérisé en ce que* lesdites première (29) et deuxième (30) surfaces sont planes et parallèles, la demi-largeur (31) exploitable de ladite paroi en vue de former ladite tache de rétrodiffusion (19) étant inférieure ou égale à deux fois l'épaisseur (32) de ladite paroi (14) moins quatre fois le libre parcours de transport maximum ( $l^*_{\max}$ ) dudit milieu dispersé (12).

20 22. Dispositif suivant la revendication 20, *caractérisé en ce que* ladite première surface (129) formant l'interface de ladite paroi (114) avec ledit premier (113) côté est courbe, et ladite deuxième (130) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (116) côté est plane.

23. Dispositif suivant la revendication 22, *caractérisé en ce que* ladite première (129) surface formant l'interface de ladite paroi (114) avec ledit premier (113) côté est cylindrique.

25 24. Dispositif suivant la revendication 20, *caractérisé en ce que* ladite première (229) surface formant l'interface de ladite paroi (214) avec ledit premier (213) côté est plane, et ladite deuxième (230) surface formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième (216) côté est concave.

30 25. Dispositif suivant la revendication 24, *caractérisé en ce que* ladite deuxième (230) surface formant l'interface de ladite paroi (214) avec ledit deuxième (216) côté adopte une forme conique ou tronconique, l'axe (250) du cône ou de la partie tronconique étant perpendiculaire à la première (229) surface plane.

35 26. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 17 à 19, *caractérisé en ce que* lesdits moyens de suppression (423) des rayons lumineux rétrodiffusés issus de ladite zone centrale et ayant subi une réflexion totale sur la surface (430) formant l'interface de ladite paroi (414) avec ledit deuxième côté (416), comprennent des moyens (460) pour empêcher la formation d'un dit rayon lumineux ayant subi une réflexion totale, sur cette dite surface (430) formant l'interface de ladite paroi (414) avec le deuxième (416) côté.

40 27. Dispositif suivant la revendication 26, *caractérisé en ce que* lesdits moyens (460) pour empêcher la formation d'un rayon lumineux issu de réflexion totale, sur la surface (430) formant l'interface de ladite paroi (414) avec le deuxième (416) côté

comprennent une forme appropriée de ladite surface interface pour que les rayons lumineux rétrodiffusés frappant cette dite surface interface possèdent un angle d'incidence ( $\alpha_i$ ) inférieur à l'angle de réflexion totale.

05        28. Dispositif suivant la revendication 27, *caractérisé en ce que* lesdits moyens (460) pour empêcher la formation d'un rayon lumineux issu de réflexion totale, sur la surface (430) formant l'interface de ladite paroi (414) avec le deuxième (416) côté comprennent une première (429) surface plane formant l'interface de ladite paroi avec ledit premier (413) côté associée à une deuxième (430) surface convexe formant l'interface de ladite paroi avec ledit deuxième côté.

10        29. Dispositif suivant la revendication 28, *caractérisé en ce que* ladite deuxième (430) surface adopte une forme de calotte sphérique.

30. Dispositif suivant la revendication 28, *caractérisé en ce que* ladite deuxième (530) surface adopte une forme tronconique.

15

20

25

30

35

40



1/5

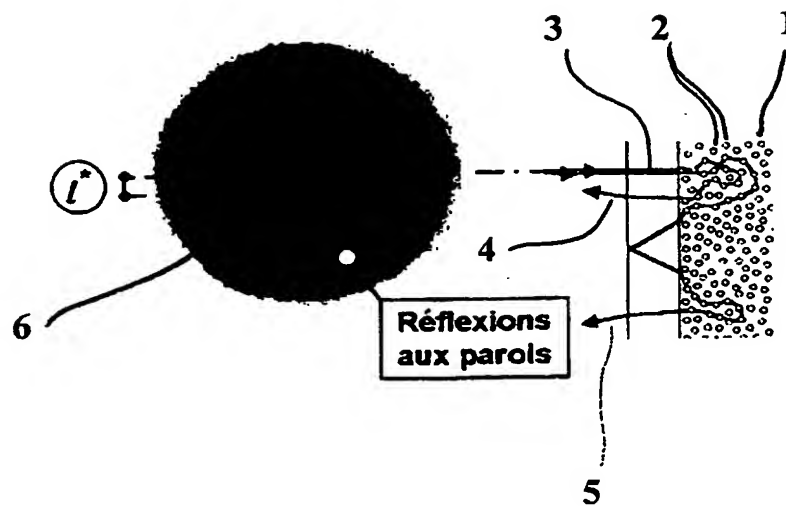


FIG. 1A

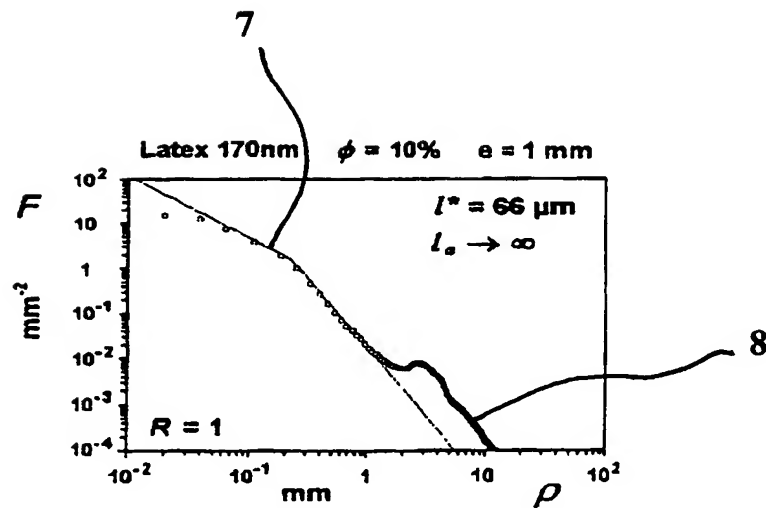


FIG. 1B

2/5

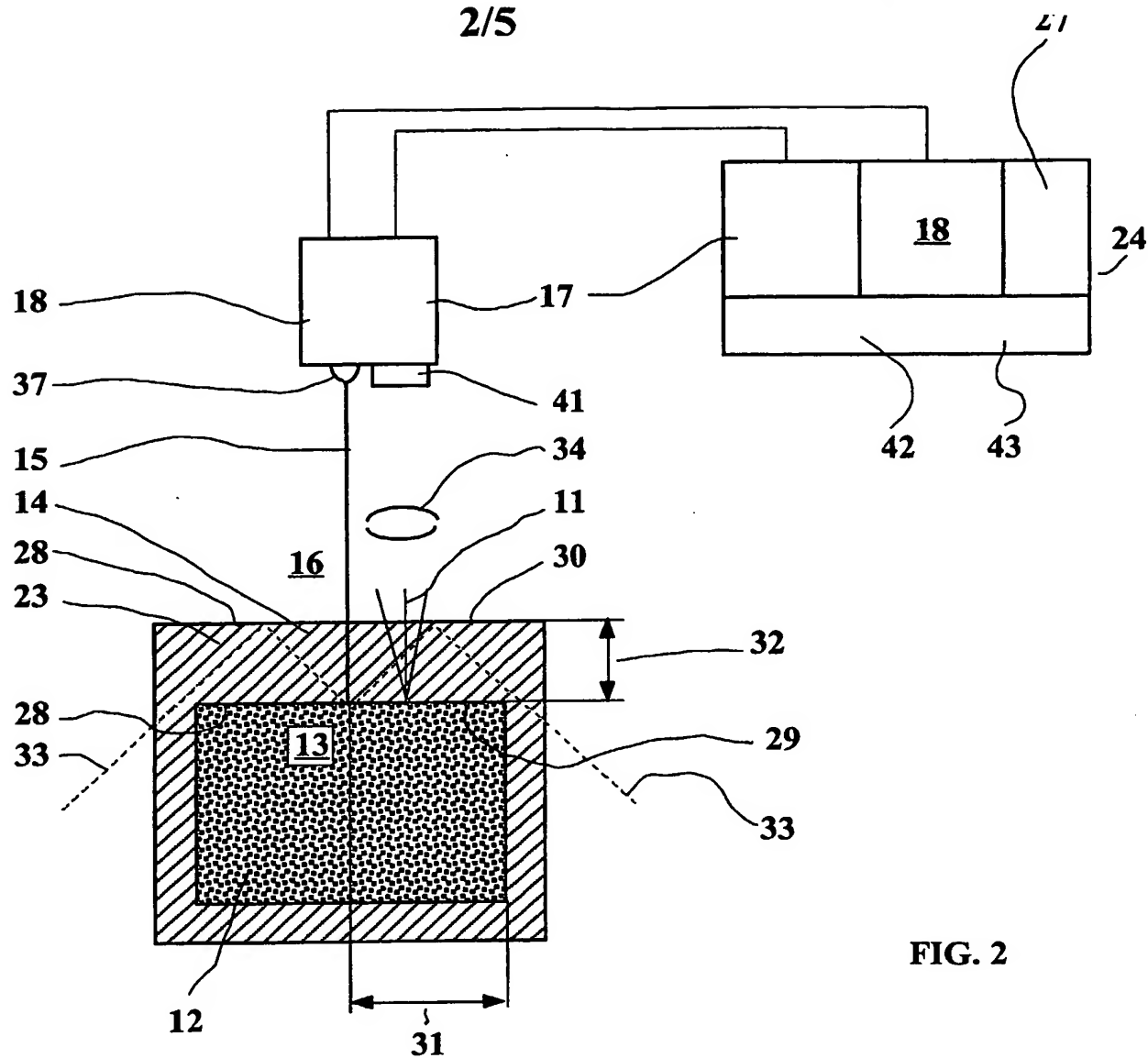


FIG. 2

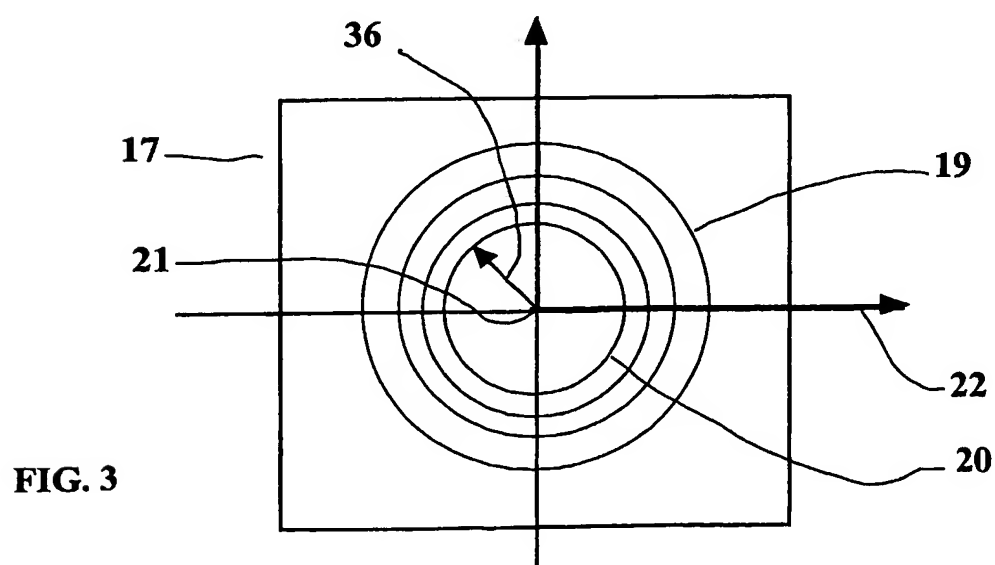


FIG. 3

3/5

FIG. 4

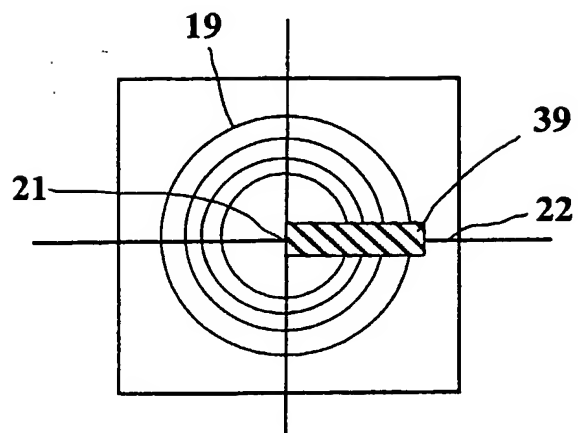


FIG. 7

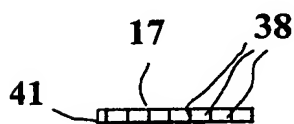
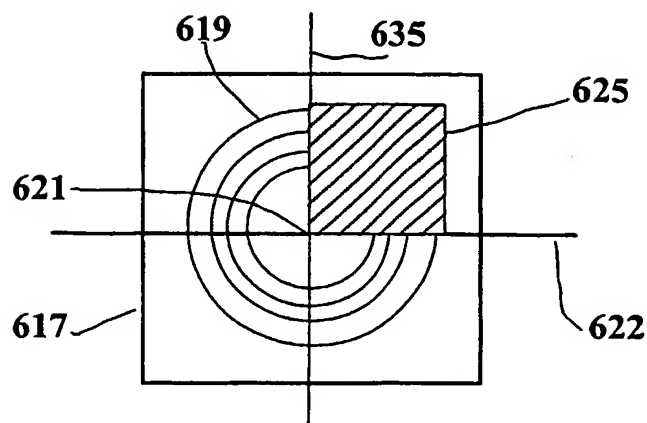


FIG. 5

FIG. 8

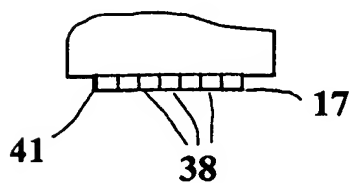
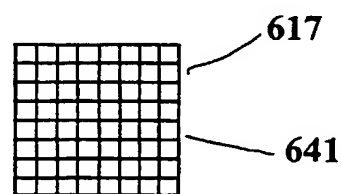


FIG. 6

FIG. 9

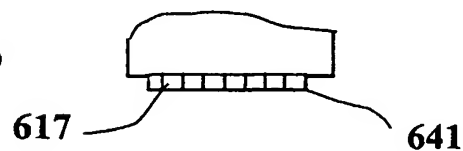
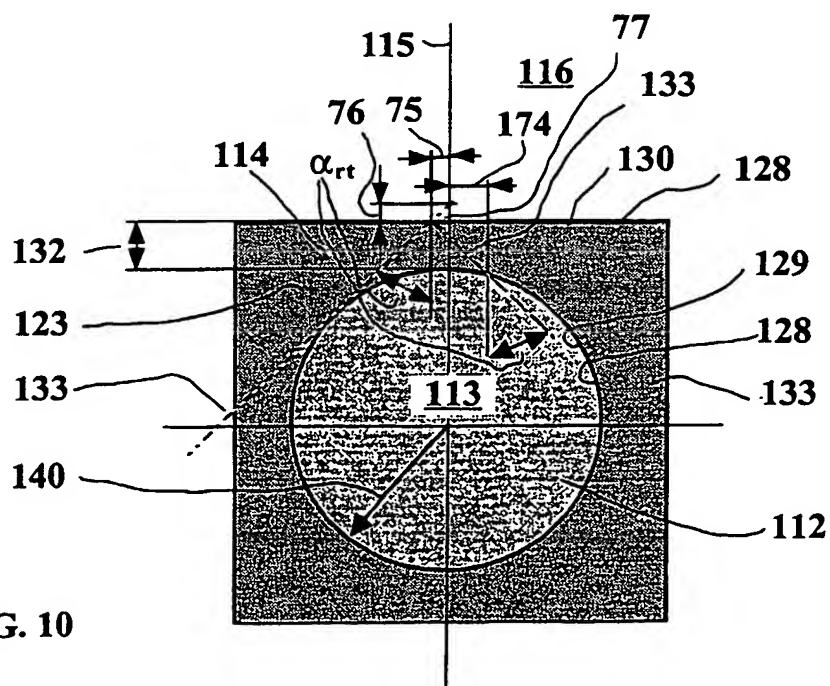


FIG. 10



4/5

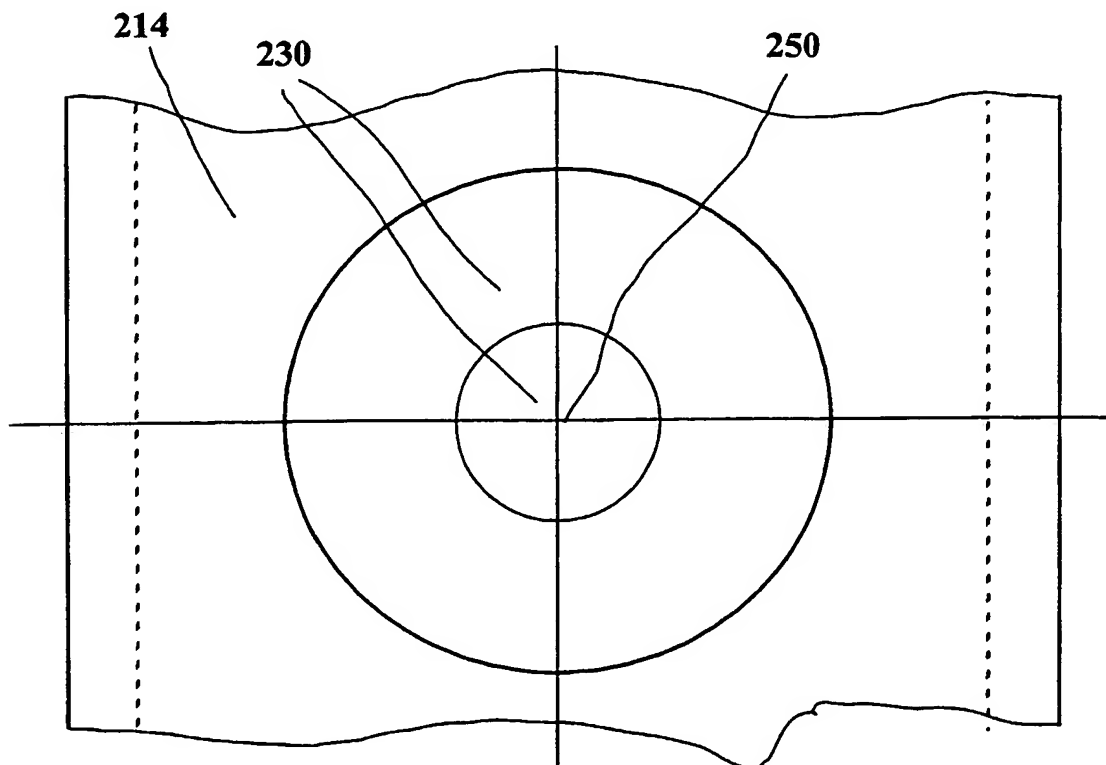
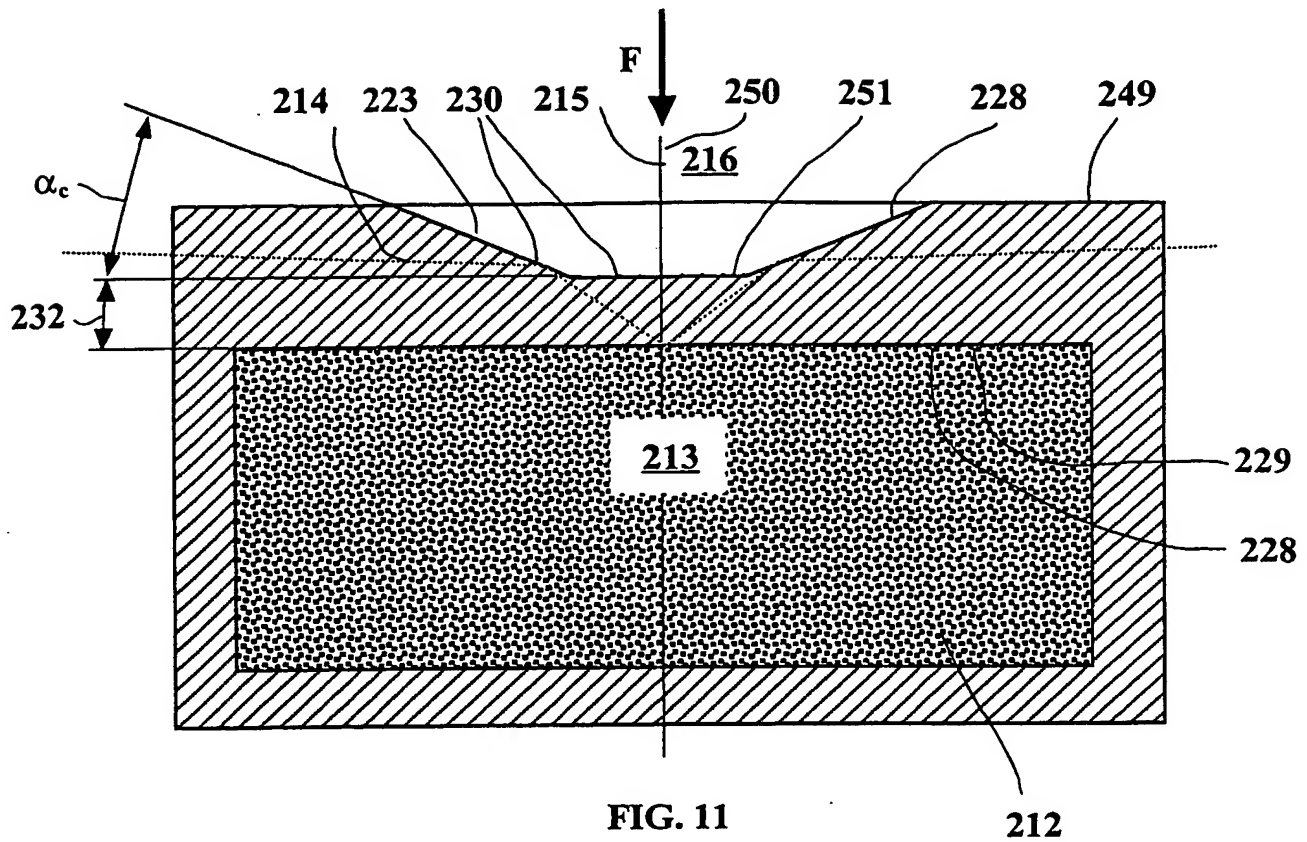


FIG. 12

5/5

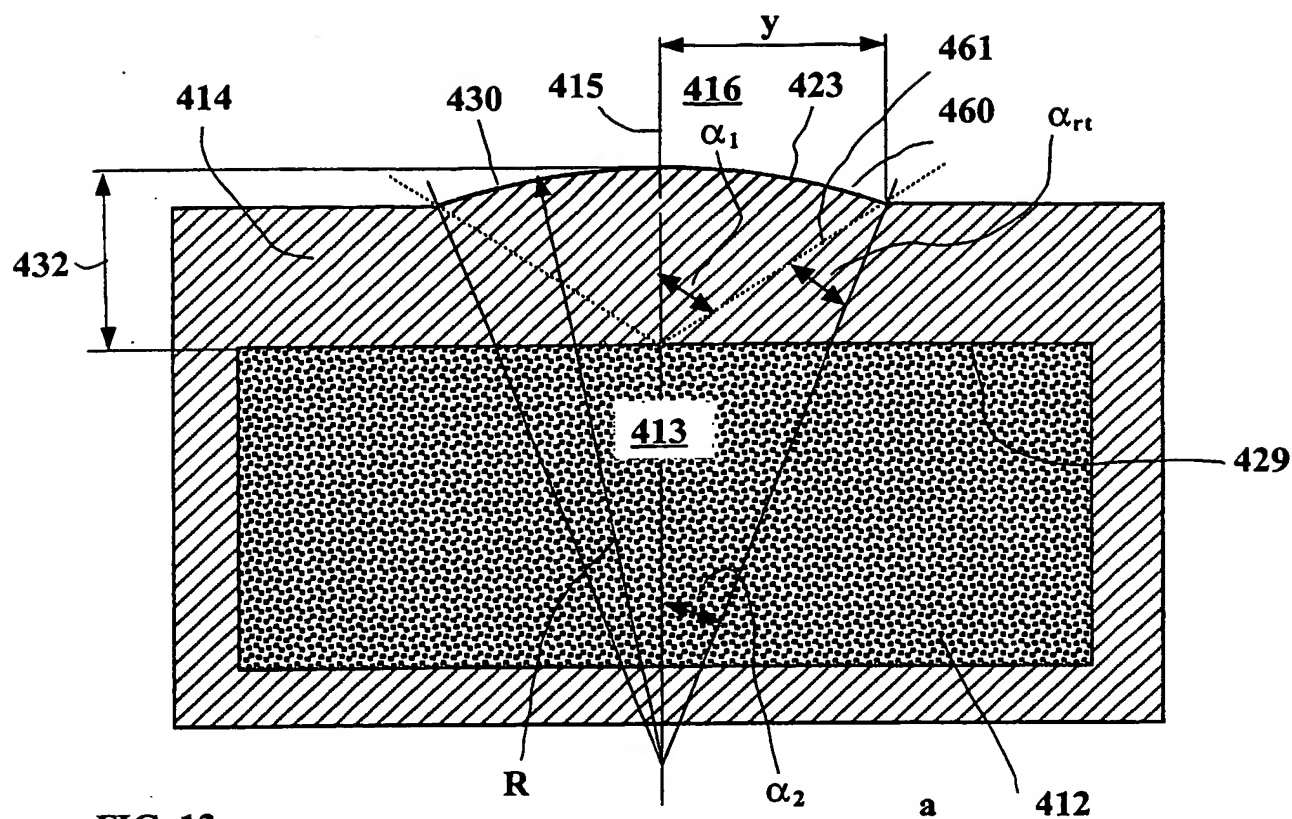


FIG. 13

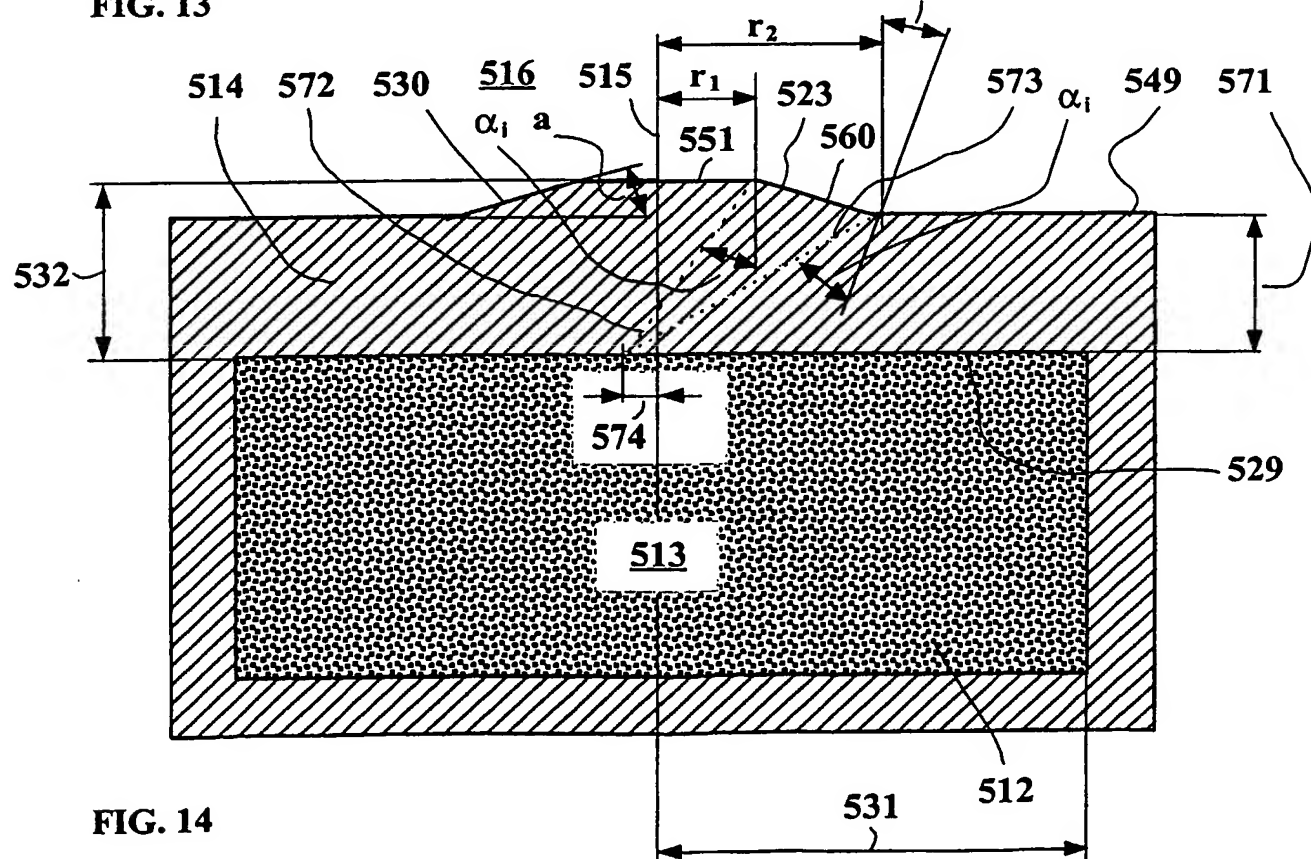


FIG. 14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 0 1959

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01N21/03 G01N15/02 G01N21/51

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 447 991 A (HORIBA LTD) 25 September 1991 (1991-09-25) column 1, line 54 - line 56 column 2, line 12 - line 24 column 3, line 43 - line 46 column 4, line 5 - line 8 ---	1-30
X	US 6 100 541 A (KENNEDY COLIN B ET AL) 8 August 2000 (2000-08-08) figures 2,4 ---	1-30
A	EP 0 404 258 A (BONINI CLAUDIO) 27 December 1990 (1990-12-27)  column 1, line 16 - line 22; figures 5,7 --- -/--	10,11, 15,16, 24,25, 29,30

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

3 December 2003

Date of mailing of the international search report

11/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Navas Montero, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 0 1959

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 3 843 268 A (KAYE W)  22 October 1974 (1974-10-22)  column 5, line 29 - line 32  column 7, line 36 -column 8, line 6  figure 2</p> <p>-----</p>	17

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 02/0159

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0447991	A	25-09-1991	JP 2694304 B2	24-12-1997
			JP 3269238 A	29-11-1991
			AU 636457 B2	29-04-1993
			AU 7261491 A	19-09-1991
			DE 69123990 D1	20-02-1997
			DE 69123990 T2	17-07-1997
			EP 0447991 A1	25-09-1991
			US 5212393 A	18-05-1993
US 6100541	A	08-08-2000	AU 747642 B2	16-05-2002
			AU 2873899 A	15-09-1999
			CA 2321718 A1	02-09-1999
			EP 1058939 A1	13-12-2000
			US 2002092973 A1	18-07-2002
			WO 9944217 A1	02-09-1999
			US 6316781 B1	13-11-2001
EP 0404258	A	27-12-1990	IT 1248722 B	26-01-1995
			IT 218277 Z2	14-04-1992
			AT 112181 T	15-10-1994
			DE 69012887 D1	03-11-1994
			EP 0404258 A2	27-12-1990
US 3843268	A	22-10-1974	NONE	



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 01/1959

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G01N21/03 G01N15/02 G01N21/51

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 447 991 A (HORIBA LTD) 25 septembre 1991 (1991-09-25) colonne 1, ligne 54 - ligne 56 colonne 2, ligne 12 - ligne 24 colonne 3, ligne 43 - ligne 46 colonne 4, ligne 5 - ligne 8 ---	1-30
X	US 6 100 541 A (KENNEDY COLIN B ET AL) 8 août 2000 (2000-08-08) figures 2,4 ---	1-30
A	EP 0 404 258 A (BONINI CLAUDIO) 27 décembre 1990 (1990-12-27)  colonne 1, ligne 16 - ligne 22; figures 5,7 --- -/--	10,11, 15,16, 24,25, 29,30

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 décembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/12/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Navas Montero, E

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 0 1959

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>US 3 843 268 A (KAYE W)  22 octobre 1974 (1974-10-22)  colonne 5, ligne 29 - ligne 32  colonne 7, ligne 36 - colonne 8, ligne 6  figure 2</p>	17

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres des familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 0 1959

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0447991	A	25-09-1991	JP 2694304 B2	24-12-1997
			JP 3269238 A	29-11-1991
			AU 636457 B2	29-04-1993
			AU 7261491 A	19-09-1991
			DE 69123990 D1	20-02-1997
			DE 69123990 T2	17-07-1997
			EP 0447991 A1	25-09-1991
			US 5212393 A	18-05-1993
US 6100541	A	08-08-2000	AU 747642 B2	16-05-2002
			AU 2873899 A	15-09-1999
			CA 2321718 A1	02-09-1999
			EP 1058939 A1	13-12-2000
			US 2002092973 A1	18-07-2002
			WO 9944217 A1	02-09-1999
			US 6316781 B1	13-11-2001
EP 0404258	A	27-12-1990	IT 1248722 B	26-01-1995
			IT 218277 Z2	14-04-1992
			AT 112181 T	15-10-1994
			DE 69012887 D1	03-11-1994
			EP 0404258 A2	27-12-1990
US 3843268	A	22-10-1974	AUCUN	